碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化代谢及生长发育的影响

李　江　李晓斌　马　军　刘　振　赵国栋　何周瑞　邓海峰　杨开伦*

（新疆农业大学动物科学学院，新疆肉乳用草食动物营养实验室，乌鲁木齐 830052）

摘　要：本试验旨在研究碘醚柳胺驱虫剂对 6 月龄伊犁马驹营养物质消化代谢及生长发育的影响。试验选取在同一草场饲养的 6 月龄（出生日期±5 d）、平均体重为（117.60±15.84） kg 的伊犁马公马马驹 10 匹，在相同的饲喂条件下随机分为 2 组，每组 5 匹，分别为对照组和试验组。试验组马驹灌服碘醚柳胺混悬液驱虫剂驱虫，每匹 14 mL，对照组马驹不进行驱虫。驱虫后，进行为期 20 d 的消化代谢试验，其中预试期 15 d，正试期 5 d。结果显示：碘醚柳胺驱虫对马驹各营养物质摄入量、消化量、排出量和消化率均没有产生显著影响（$P>0.05$），但试验组中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙消化率分别比对照组高 18.17%、16.37%、17.36%；试验组马驹氮的沉积量和沉积率分别比对照组高 65.90%（$P<0.05$）、73.20%（$P<0.05$）；试验组马驹体高和胸围的总增长分别比对照组高 123.58%（$P<0.05$）和 48.31%（$P<0.05$）。因此，碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化代谢的积极作用主要体现在氮沉积量和沉积率的增加以及体高和胸围的增长上。

关键词：碘醚柳胺；伊犁马；驱虫；消化代谢；生长发育

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

马属动物胃肠道寄生虫种类多、分布广，对马匹的健康造成极大损伤，严重时可导致死亡。由于寄生虫损害肠道组织结构、阻止肠道营养物质吸收，因此，肠道寄生虫是造成营养物质损失从而导致马匹体重累积性降低的主要原因之一[1-3]。一些长期寄生于大肠绒毛膜组织的幼虫可导致肠黏膜组织形成血栓、失活。寄生形成的疤痕降低肠道消化吸收能力，造成大量营养物质流失。以能量为例，马匹获得的 60%以上的能量来自结肠对饲粮营养物质的消化吸收和挥发性脂肪酸的代谢[4]。因此，寄生虫影响肠道内营养物质的消化吸收，是导致马匹能量代谢失衡的直接原因。Silva 等[5]研究表明，驱虫后可以显著提高妊娠母马对饲粮

收稿日期：2016-09-19

基金项目：“十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD45B01)

作者简介：李　江（1990-），男，江苏灌云人，硕士研究生，研究方向为动物养殖，E-mail：249906034@qq.com

*通信作者：杨开伦，教授，博士生导师，E-mail：　yangkailun2002@aliyun.com

粗蛋白质的表观消化率，未驱虫组干物质采食量显著高于驱虫组；驱虫后，营养不良、体重减轻等不良状况会得到缓解。马驹采食母马粪便是一种普遍现象，这可能是马驹感染肠道寄生虫的首要途径之一。6 月龄马驹生长发育快、营养物质需求量高，同时要面临强烈的断奶应激，寄生虫的感染加剧了应激的强度。因此，确保此阶段马驹胃肠道的健康，提高饲草料营养物质的消化吸收是马驹快速生长发育的重要保证。碘醚柳胺是一种高效抗体内、外寄生虫特效药，可作为一种质子离子载体，跨细胞膜转运阳离子，最终对虫体线粒体氧化磷酸化过程进行解偶联，减少 ATP 的产生，降低糖原含量，并使琥珀酸积累，从而影响虫体的能量代谢过程，使虫体死亡，保护宿主消化道的健康[6]。碘醚柳胺作为一种有效驱虫药被广泛应用于畜牧生产中，然而，其对马驹驱虫后营养物质消化代谢的影响尚不明确。王美玲[7]研究显示，使用碘醚柳胺对伊犁昭苏地区 688 匹不同年龄段的伊犁马进行驱虫，驱虫后感染率降为 6.1%，平均粪便虫卵数（EPG）为 50 个/g，虫卵减少率为 88.48%，虫卵转阴率为 87.21%。在此基础上，本试验进一步研究碘醚柳胺驱虫后 6 月龄伊犁马的营养物质消化代谢和生长发育情况，旨在从消化代谢的角度为马匹生产中驱虫剂的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2015 年 9—10 月在新疆伊犁昭苏马场进行。

1.2 试验动物选择

试验选取出生日期（±5 d）、平均体重[(117.60±15.84) kg]相近，在同一放牧草场放牧的 6 月龄伊犁马公马马驹 10 匹。

6 月龄马驹试验前与母马在同一放牧草场放牧，此阶段马驹以母乳为主，并开始采食牧草，且马驹均具有采食母马粪便的习性。放牧草场位于昭苏马场西域赛马场附近的特克斯河边，牧草种类丰富，环境潮湿。

1.3 试验设计

将 10 匹马驹随机分为 2 组，每组 5 匹，分别为对照组和试验组，进行为期 20 d 的消化代谢试验，预试期 15 d，正试期 5 d。所有马匹饲喂营养水平相同的粗饲料和精料补充料。在试验开始的前 2 天，所有试验马驹进行寄生虫感染情况检测，分别鉴定虫卵种类，并采用麦克马斯特计数法统计 EPG。经检测，试验马驹共同感染的寄生虫分别为马副蛔虫、毛圆

线虫、盅口线虫、细颈三齿线虫、埃及腹盘吸虫、韦氏类圆线虫、安氏网尾线虫、马蛲虫、侏儒副裸头绦虫，对照组马驹平均 EPG 为 1 000 个/g，试验组马驹平均 EPG 为 1 424 个/g。在预试期前 1 天试验组驱虫 1 次，对照组不进行驱虫。驱虫剂为碘醚柳胺混悬液，商品名为“内外净”，由武汉武市东宝药业有限公司生产，生产批号 141024，驱虫剂量为每千克体重 0.12 mL。预试期开始前对马驹进行空腹称重、测量体尺。正试期每天记录马驹采食量和回收剩料量；正试期内收集马驹粪样和尿样；试验结束当天早晨空腹称重、测量体尺。试验设计与分组见表 1。

表 1　试验设计和分组

Table 1　Experimental design and group

项目 Items	马匹数 Number of horse	平均体重 Average weight/kg	精料 Concentrate/kg	驱虫剂 Anthelmintic/mL	粗饲料 Roughage
对照组 Control group	5	117.60±21.65	0.8	0	苜蓿与山草 1:1 混合自由采食
试验组 Trail group	5	117.60±11.52	0.8	14	苜蓿与山草 1:1 混合自由采食

1.4　饲粮与饲养管理

试验马匹单槽位饲养，白天（08:00—24:00）在马厩饲喂，夜间（00:00—08:00）在运动场活动。每天每匹马驹补喂 0.8 kg 精料补充料（20 目粉碎），平均分为 5 等份饲喂，饲喂前先给马驹投喂混合牧草（苜蓿：山草=1:1，混合、粉碎，长度为 1.5～2 cm），确保先粗后精，并保证充足饮水。在驱虫当天，将试验组马驹牵入室内圈舍，单栏位拴系。根据马驹平均体重，将 14 mL 驱虫剂吸入灭菌注射器内，从口腔一侧注入马驹口腔内，将马驹头抬起，防止马驹吐出驱虫药。为防止试验组与对照组交互感染，试验组与对照组马匹相隔 20 m 饲养。饲粮组成及营养水平见表 2。

表 2　饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 2　Composition and nutrient levels of feed　（DM basis）%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	

玉米 Corn	6.89
麸皮 Wheat bran	1.79
次粉 Wheat-middlings	0.83
大豆粕 Soybean meal	3.56
石粉 Limestone	0.07
预混料 Premix[1)]	0.14
食盐 NaCl	0.14
赖氨酸 Lys (98%)	0.03
蛋氨酸 Met (86%)	0.04
混合牧草 Mixed pasture	86.51
合计 Total	100.00
干物质 DM	92.30
有机物 OM	94.10
粗蛋白质 CP	19.22
酸性洗涤纤维 NDF	10.55
中性洗涤纤维 ADF	27.77
钙 Ca	0.32
磷 P	0.48

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 2 000 IU，VB_1 18 mg，VB_2 15 mg，VB_6 2 mg，VC 20 mg，VD 1 000 IU，VE 450 IU，VB_{12} 0.01 mg，泛酸 pantothenic acid 5 mg，烟酰胺 nicotinamide 100 mg，cu 40 mg，fe 50 mg，mn 35 mg，zn 40 mg，i 5 mg，se 5 mg，co 5 mg，生物素 biotin 1 mg，氯化胆碱 choline chloride 100 mg。

[2)] 营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

1.5 消化代谢试验样品的采集及测定

1.5.1 粪样、尿样及饲草料样的采集

本试验分别采用全收粪法和全收尿法收集正试期马驹全天排粪量和排尿量。收粪袋和收尿器均由本课题组研制而成，收粪袋能够完全将马驹一次排出的粪收集于袋中，收尿器具防

漏、保水、防水功能。

每天记录每匹马驹的 24 h 排粪量和排尿量数据。将全天的粪混合均匀，取全部的 5%为粪样，自然风干保存，最终将正试期 5 d 的粪样全部混合后 40 目粉碎，测定相关指标。将全天的尿样混合均匀，取总量的 5%，-20 ℃冷冻保存，最终将正试期 5 d 的尿样全部混合均匀后测定相关指标。

分别采集试验期内马驹饲喂的粗饲料和精料补充料，自然风干后 40 目粉碎，测定相关指标。

1.5.2 粪样、尿样及饲草料样的测定

饲草料、粪样中干物质(dry matter,DM)、有机物(organic matter,OM)、磷(phosphorus,P)含量均采用张丽英[8]的方法进行测定，钙(calcium,Ca)含量采用邻甲酚酞比色法[9]进行测定，总能(gross energy,GE)采用 HR-15 氧弹式热量计测定，中性洗涤纤维(neutral detergent fiber,NDF)和酸性洗涤纤维(acid detergent fiber,ADF)含量采用美国 ANKOM 纤维分析仪进行测定，粗蛋白质(crude protein,CP)含量采用德国 Elementar Analysen Systeme 快速定氮仪测定。尿样中能量及氮、钙、磷含量均采用常规饲料分析方法[10]进行测定。

1.6 体重、体尺测量

预试期开始前及试验结束当天早晨空腹称量马驹体重和测量体尺。

1.7 数据处理

试验数据均以平均值±标准差（mean±SD），采用 SPSS 19.0 软件进行独立样本 t 检验。

2 结 果

2.1 碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化率的影响

碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化率的影响见表 3。未驱虫马驹的干物质摄入量为 4.83 kg，比驱虫马驹高 3.87%（$P>0.05$）；马驹的有机物、粗蛋白质、NDF、ADF、能量、钙、磷摄入量对照组与试验组之间差异均不显著（$P>0.05$）。试验组马驹的各营养物质排出量均低于对照组，其中干物质、有机物、粗蛋白质排出量分别比对照组低 14.22%（$P>0.05$）、12.82%（$P>0.05$）、11.77%（$P>0.05$）。试验组马驹的干物质、有机物、粗蛋白质、NDF、ADF 消化量分别比对照组高 4.91%、3.57%、3.85%、12.84%、8.57%，差异均不显著（$P>0.05$）。试验组马驹的干物质、有机物、粗蛋白质、NDF、ADF、能量、钙、磷消

化率分别比对照组高 9.37%、8.13%、7.53%、18.17%、16.37%、10.90%、17.36%、6.31%，差异均不显著（P>0.05）。

表 3　碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化率的影响（干物质基础）

Table 3　Effects of rafoxanide deworming on nutrient digestibility of 6-month-old *Yili* horses（DM basis, n=5）

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trail group
干物质摄入量 DM intake/(kg/d)	4.83±0.21	4.65±0.30
干物质排出量 DM extraction/(kg/d)	2.18±0.25	1.87±0.32
干物质消化量 DM digestion/(kg/d)	2.65±0.25	2.78±0.32
干物质消化率 DM digestibility/%	54.74±5.78	59.87±5.57
有机物摄入量 OM intake/(kg/d)	4.47±0.19	4.31±0.27
有机物排出量 OM extraction/(kg/d)	1.95±0.23	1.70±0.30
有机物消化量 OM digestion/(kg/d)	2.52±0.23	2.61±0.30
有机物消化率 OM digestibility/%	56.23±5.67	60.80±5.55
粗蛋白质摄入量 CP intake/(g/d)	416.24±13.16	402.90±17.00
粗蛋白质排出量 CP extraction/(g/d)	187.98±31.59	165.85±27.36

粗蛋白质消化量 CP digestion/(g/d)	228.26±31.59	237.05±27.36
粗蛋白质消化率 CP digestibility/%	54.85±7.25	58.98±5.21
中性洗涤纤维摄入量 NDF intake/(kg/d)	2.68±0.13	2.58±0.18
中性洗涤纤维排出量 NDF extraction/(kg/d)	1.59±0.18	1.35±0.26
中性洗涤纤维消化量 NDF digestion/(kg/d)	1.09±0.18	1.23±0.26
中性洗涤纤维消化率 NDF digestibility/%	40.45±8.55	47.80±7.56
酸性洗涤纤维摄入量 ADF intake/(kg/d)	1.75±0.09	1.67±0.12
酸性洗涤纤维排出量 ADF extraction/(kg/d)	1.05±0.14	0.91±0.18
酸性洗涤纤维消化量 ADF digestion/(kg/d)	0.70±0.14	0.76±0.18
酸性洗涤纤维消化率 ADF digestibility/%	39.59±9.55	46.07±7.95
能量摄入量 E intake/(MJ/d)	120.09±5.21	115.67±7.46
能量排出量 E extraction/(MJ/d)	59.58±8.05	51.30±8.58
能量消化量 E digestion/(MJ/d)	60.51±8.05	64.37±8.58
能量消化率	50.28±7.46	55.76±5.81

E digestibility/%		
钙摄入量 Ca intake/(g/d)	35.79±1.96	34.21±2.46
钙排出量 Ca extraction/(g/d)	24.62±2.61	21.81±5.10
钙消化量 Ca digestion/(g/d)	11.17±2.61	12.40±5.10
钙消化率 Ca digestibility/%	31.05±8.40	36.44±13.63
磷摄入量 P intake/(g/d)	9.25±0.28	9.01±0.41
磷排出量 P extraction/(g/d)	5.38±1.26	4.98±1.70
磷消化量 P digestion/(g/d)	3.87±1.26	4.03±1.70
磷消化率 P digestibility/%	41.87±13.33	44.51±20.15

同行数据肩标无字母或相同字母为差异不显著(*P*>0.05)，不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(*P*<0.01)。表 4 同。

Values in the same row with no or the same letters mean no significant difference (*P*>0.05), while with small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.05). The same as Table 4.

2.2 碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质代谢率的影响

碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质代谢率的影响见表 4。试验组马驹氮、能量、钙、磷的摄入量、粪排出量与对照组差异不显著（*P*＞0.05）；对照组尿氮排出量比试验组高 24.59%（*P*＜0.05）。试验组马驹消化能及氮、钙、磷的沉积量分别比对照组高 6.34%（*P*＞0.05）、65.90%（*P*＜0.05）、14.08%（*P*＞0.05）、4.15%（*P*＞0.05）；试验组马驹氮的沉积率

比对照组高 73.2%（P＜0.05）。

表 4　碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质代谢率的影响（干物质基础）

Table 4　Effects of rafoxanide deworming on metabolizable ratios of nutrients of 6-month-old *Yili* horses　（DM basis, n=5）

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trial group
能量代谢 Energy metabolism		
摄入总能 Gross energy intake/（MJ/d）	120.09±5.21	115.67±7.46
粪能 Feces energy/（MJ/d）	59.58±8.05	51.30±8.58
尿能 Urinary energy/（MJ/d）	0.28±0.06	0.32±0.07
消化能 Digestible energy/（MJ/d）	60.23±10.06	64.05±6.40
代谢能 Metabolism energy/%	50.04±7.50	55.49±5.82
氮代谢 N metabolism		
摄入氮 N intake/(g/d)	66.60±22.11	64.47±2.72
粪氮排出量 Feces N output/(g/d)	30.03±5.05	26.49±4.37
尿氮排出量 Urine N output /(g/d)	26.70±2.43^{a}	21.43±1.23^{b}
氮沉积量 N retention/(g/d)	9.97±4.34^{b}	16.54±2.57^{a}
氮沉积率 N retention rate/%	14.88±6.51^{b}	25.78±4.84^{a}
钙代谢 Ca metabolism		
钙摄入量 Ca intake/(g/d)	35.79±1.96	34.21±2.46
粪钙排出量 Feces Ca output/(g/d)	24.62±2.61	21.81±5.10
尿钙排出量 Urinary Ca output/(g/d)	2.08±0.69	2.03±0.53
钙沉积量 Ca retention/(g/d)	9.09±3.44	10.37±4.64
钙代谢率 Ca retention rate/%	25.20±9.18	30.49±14.60
磷代谢 P metabolism		
摄入磷 P intake/(g/d)	9.25±0.28	9.01±0.41
粪磷排出量 Feces P output/(g/d)	5.38±1.26	4.98±1.70

尿磷排出量 Urinary P output/(g/d)	0.01±0.01	0.01±0.01
磷沉积量 P retention/(g/d)	3.86±1.23	4.02±1.83
磷代谢率 P retention rate/%	41.73±13.19	44.39±20.13

2.2　碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马生长发育的影响

碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马生长发育的影响见表 5。试验前，对照组与试验组马驹体重、体尺接近（*P*＞0.05）。试验结束时，对照组和试验组马驹体重、体尺均较试验前高，但 2 组之间差异不显著（*P*＞0.05）；试验组马驹体高和胸围的总增长分别比对照组高 123.58%（*P*＜0.05）和 48.31%（*P*＜0.05）；试验组马驹平均日增重（体重的平均日增长）比对照组高 35.29%（*P*＞0.05）；试验组马驹体高、体斜长、胸围的平均日增长比对照组分别高 116.67%（*P*＜0.05）、45.46%（*P*＞0.05）、50.00%（*P*＜0.05）。

表 5　碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马生长发育的影响

Table 5　Effects of Rafoxanide deworming on growth and development of 6-month-old *Yili* horses （*n*=5）

项目 Items	组别 Groups	体重 Body weight/kg	体高 Body height/cm	体斜长 Body slanting length/cm	胸围 Chest measurement/cm	管围 Cannon circumference/cm
试验前 Before the experiment	对照组 Control group	117.60±21.65	116.28±3.67	107.50±4.80	112.40±6.33	14.28±0.43
	试验组 Trial group	117.60±11.52	115.36±4.36	107.60±3.13	112.96±3.71	14.10±0.50
试验末 End of the experiment	对照组 Control group	126.80±22.43	118.40±3.51	113.52±5.32	114.18±6.25	14.96±0.67
	试验组 Trial group	130.00±12.81	120.10±2.98	116.32±4.57	115.60±3.80	14.92±0.41
总增长 Total increase	对照组 Control group	9.20±1.79	2.12 ± 1.06^{b}	6.02±3.08	1.78 ± 0.55^{b}	0.68±0.33
	试验组 Trial group	12.40±3.29	4.74 ± 1.88^{a}	8.72±2.79	2.64 ± 0.22^{a}	0.82±0.27

平均日增长 Average daily gain	对照组 Control group	0.51±0.10	0.12±0.06[b]	0.33±0.17	0.10±0.03[b]	0.04±0.02
	试验组 Trial group	0.69±0.18	0.26±0.10[a]	0.48±0.16	0.15±0.01[a]	0.05±0.01

同一项目同列数据肩标无字母或相同字母为差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)。表 4 同。

Values in the same column of the same item with no or the same letters mean no significant difference (P>0.05), while with small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with capital letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.05).

3 讨 论

3.1 碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化代谢的影响

马属动物寄生虫病具有种类多、数量大、散布广、危害隐蔽等感染特点。以马圆线虫病和马副蛔虫病为例，马长期感染会导致肠炎、贫血、免疫力低下、发育停滞和生产能力下降等[11]。马副蛔虫大量寄生可以引起肠梗阻或者肠破裂，甚至导致马匹死亡；马蛲虫、韦氏类圆线虫、侏儒副裸头绦虫等分别寄生于马小肠、盲肠、结肠、十二指肠等消化道部位，通过吸附于肠黏膜获取消化道营养，甚至对肠道造成机械损伤，影响肠道蠕动、消化和吸收能力，严重时导致肠黏膜受损，形成溃疡，造成肠壁穿孔，发生腹膜炎，最终导致马匹死亡[12-13]。普遍认为感染寄生虫虽不是致病的首要原因，但是是造成马匹营养不良、体重减轻、健康状况差的直接原因[14]。因此，长期感染寄生虫会导致马匹消化道机能受损，降低对饲草料的利用率。

研究表明，寄生虫感染程度直接影响宿主采食量，且采食量因寄生虫种类、寄生虫发育阶段不同而发生改变[15]。在对驯鹿的研究中发现，被寄生虫感染的驯鹿食物摄入量显著低于未感染寄生虫的驯鹿。被寄生虫感染的动物肠道线虫感染度与食物摄入量呈显著负相关，寄生虫感染度越高，动物的食物摄入量就越低[16]。本试验结果显示，未驱虫的马驹各营养物质摄入量与驱虫的马驹之间没有显著差异。本试验所用马驹处于快速生长阶段，加之断奶刺激，对营养物质的需要量较高，因此在相同的营养水平和饲养条件下采食量没有明显差异。

Silva 等[5]研究报道，驱虫显著增加了妊娠母马粗蛋白质表观消化率。消化道的健康状

况可以反映机体对饲粮的消化能力，驱虫使马匹消化道保持健康，从而提高消化道的消化机能。本试验结果显示，试验组马驹各营养物质的消化率均高于对照组，其干物质、有机物、粗蛋白质、NDF、ADF、能量、钙、磷消的化率分别比对照组高 9.37%、8.14%、7.53%、18.17%、16.37%、10.90%、17.36%、6.31%。寄生虫分布于马的整个消化道，影响寄生部位对营养物质消化吸收的能力。以蛋白质为例，虽然蛋白质消化、吸收的主要部位是小肠，但部分合成蛋白质的氨基酸在大肠内被吸收[3]。从寄生虫获取营养物质能力来看，小分子的氨基酸更容易被寄生虫获取。所以，当大肠被寄生虫感染时，寄生虫会影响大肠氨基酸的吸收，从而间接影响蛋白质的利用率。从消化能力而言，寄生虫感染影响营养物质的消化率主要表现为寄生虫对消化道消化机能的损伤和对营养物质的消耗。相反，在采食量方面，虽然未驱虫马驹干物质摄入量略高于驱虫马驹，但高采食量并没有提高营养物质消化率，未驱虫马驹的干物质排出量比驱虫马驹高 16.58%，干物质消化率低 8.57%，说明驱虫后马驹的消化吸收能力得到了改善。驱虫对肠道有保护作用，从而可提高饲粮的利用率和营养物质的消化率。马属动物后消化系统较发达，特别是盲肠，其相当于反刍动物的瘤胃，是饲粮纤维物质消化吸收的主要场所。马圆线幼虫寄生于盲肠，形成血栓，导致盲肠黏膜活性降低，形成的疤痕降低了肠道的消化吸收能力[2]。本试验发现，在相同饲粮结构和营养水平条件下，驱虫能够改善营养物质的消化率，说明胃肠道健康状况亦是影响马驹营养物质消化率的重要原因之一。

6 月龄断奶马驹的能量来源完全依靠于饲草料。饲草料的品质及饲草料的消化利用率是满足 6 月龄马驹生长发育的保证。马驹 1 d 需要的能量包括维持需要、运动补饲及体重增加需要的能量，快速生长其需要的能量是维持需要的 10%以上。Coenen[17]研究表明，3～6 月龄生长期的马驹维持需要的能量为 879 kJ/kg $BW^{0.75}$。蛋白质是马匹重要的营养物质，不仅参与马匹的机体代谢，更是组成机体的重要营养物质。生长期（0～24 月龄）马驹采食的粗蛋白质主要用于合成肌蛋白。因此，生长期马驹从饲草料中获得的粗蛋白质主要表现在体重的增加上。钙、磷亦是马驹重要的矿物质元素之一，对马驹生长发育至关重要。Schryer 等[18]研究表明，生长期马驹每增加 1 kg 体重分别需要钙、磷 16 和 8 g，钙和磷的估计吸收率分别为 50%和 45%。本试验结果显示，在相同营养水平下，试验组马驹消化能及钙、磷的沉积量分别比对照组高 6.34%、14.08%、4.92%；代谢能及钙、磷的代谢率分别比对照组高 11.09%、20.99%、6.37%；氮的沉积量和沉积率分别比对照组分别高 65.90%和 73.2%，差异

达到显著水平。

寄生虫成虫可以大量掠夺宿主的营养物质，幼虫在移动过程中可破坏营养物质的吸收，从而影响到营养物质的转化和利用[19]。本试验中驱虫马驹在能量、钙、磷代谢方面比对照组都有提高，驱虫马驹每增加 0.69 kg 体重，需要沉积钙 10.37 g、沉积磷 4.02 g，与 Schryer 等[18]的报道的结果有一定的差距，可能与马驹品种、生长速度、饲粮质量等有关。

3.2 碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马生长发育的影响

消化道寄生虫主要通过宿主胃肠道获取营养物质进行繁衍生息。寄生虫无法依靠自身营养生存，因此，宿主成为寄生虫获取营养物质的主要来源。寄生虫种类越多、数量越大，对宿主造成的伤害越严重，大量的寄生虫造成宿主营养不良、贫血等症状，主要表现身体消瘦、体重下降、生长缓慢甚至滞留等[20]。幼年时期是动物生长发育最快的阶段，研究表明，幼驹从出生至 6 月龄是一生中生长发育最快的阶段，体重、体尺的增长占出生后总生长量的 50%以上。Cunningham 等[21]研究报道，夸特（Quarter）马 6 月龄时的体重为成年时的 44%，体高为成年时的 84%。所以，幼年时期马驹能否达到生长要求，对其成年后的体重、体尺起到决定性作用。健康是生长的基础，降低寄生虫病感染是马驹健康的保证和快速生长的条件。

Silva 等[5]研究发现，给妊娠 3 个月的母马进行驱虫，驱虫组与未驱虫组平均日增重分别为（570±191） g/d 和（680±267） g/d。研究表明，当饲粮中粗蛋白质含量低于 11%时，驱虫与否对体重增加没有影响；当饲粮中粗蛋白质含量高于 19%时，驱虫能够明显提高体重的增加[22]。本试验中，饲粮(粗饲料＋精料)中粗蛋白质含量为 27.59%，在相同营养水平条件下，试验组马驹体重、体斜长的平均日增长比对照组高 35.29%和 45.46%；特别是体高和胸围的平均日增长，试验组比对照组分别高 116.67%和 50.00%，差异达到显著水平。研究表明，寄生虫病是许多幼畜发育的阻碍因素，感染动物的生长速度较正常动物明显降低，如猪蛔虫病使感染仔猪的生长速度比正常仔猪降低 30%[23]。本试验数据显示，试验组马驹体重、体尺均高于对照组，说明在高粗蛋白质含量的饲粮条件下，驱虫促进了体重的增加和骨骼的发育，从而促进了马驹的生长发育。对照组马驹由于受寄生虫感染的影响，胃肠道消化机能受到损伤，导致饲草料消化、吸收能力降低，从而在体重、体尺增长方面要低于试验组。

杨景焘等[24]研究报道，6 月龄的伊犁马马驹（未驱虫）仅补饲精料补充料的对照组平均日增重为（0.53±0.05） kg/d，补饲 20 d 后体高、体斜长、胸围、管围分别增加（1.5±0.8） cm、（3.6±0.7） cm、（3.6±0.7） cm、（0.3±0.7） cm。本试验中，未驱虫的对照组马驹平均日增重为（0.51±0.10） kg/d，补饲 20 d 后体高、体斜长、胸围、管围分别增加（2.12±1.06） cm、（60.2±3.08） cm、（1.78±0.55） cm、（0.68±0.33） cm；驱虫的试验组马驹平均日增重为（0.69±0.18） kg/d，补饲 20 d 后体高、体斜长、胸围、管围分别增加（4.74±1.88） cm、（8.72±2.79） cm、（2.64±0.22） cm、（0.82±0.27） cm。因此，在相同饲养条件下，驱虫能够提高营养物的利用率，促进马驹体重和体尺的增长；对照组马驹由于寄生虫的感染，造成营养物质利用率低，最终导致体重、体尺增长相对缓慢。

4 结 论

碘醚柳胺驱虫对 6 月龄伊犁马营养物质消化代谢的积极作用主要体现在氮沉积量和沉积率的增加以及体高和胸围的增长上。

参考文献：

[1] LEWIS L D.Feeding and care of the horse[M].2nd ed.Baltimore:Williams and Wilkins,1995.

[2] DUNCAN J L.The life cycle,pathogenisis and epidemiology of *S. vulgaris* in the horse[J].Equine Veterinary Journal,1973,5(1):20–25.

[3] RALSTON S L,MALINOWSKI K,CHRISTENSEN R,et al.Digestion in aged horses—revisited[J].Journal Equine Veterinary Science,2001,21(7):310–311.

[4] National Research Council (NRC).Nutrient requirements of horses[M].6th ed.Washington,D.C..:National Academy Press,2007.

[5] SILVA R H P,DE REZENDE A S C,SALIBA E D O S,et al.The Effect of deworming on apparent digestion,body weight,and condition in heavily parasitized mares[J].Journal of Equine Veterinary Science,2016,36:83–89.

[6] PRICHARD R K.The metabolic profile of adult *Fasciola hepatica* obtained from rafoxanide-treated sheep[J].Parasitolgy,1978,76(3):277–288.

[7] 王美玲.新疆昭苏马消化道寄生虫动态调查及临床驱虫实验[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.

[8] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007:48–93.

[9] 傅启高,雒秋江.用邻-甲酚酞比色法测定饲料中钙含量的研究[J].动物营养学报,1996,8(3):25–30.

[10] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,1993.

[11] SCOTT I,BISHOP R M,POMROY W E.Anthelmintic resistance in equine helminth parasites—a growing issue for horse owners and veterinarians in New Zealand?[J].New Zealand Veterinary Journal,2015,63(4):188–198.

[12] 毕玉霞,祁画丽.畜禽寄生虫病防治[M].郑州:河南科学技术出版社,2007:159–165.

[13] TRAVERSA D.The little-known scenario of anthelmintic resistance in equine cyathostomes in Italy[J].Annals of the New York Academy of Sciences,2008,1149(1):167–169.

[14] NIELSEN M K,KAPLAN R M.Evidence-based equine parasitology:it ain't the 60s anymore[C]//Proceedings of the 36th Annual Meeting of Association Vétérinaire Equine Française.Reims:[s.n.],2008:10–14.

[15] CROMPTON D W.Influence of parasitic infection on food intake[J].Federation Proceedings,1984,43(2):239–245.

[16] ARNEBERG P,FOLSTAD I,KARTER A J,et al.Gastrointestinal nematodes depress food intake in naturally infected reindeer[J].Parasitology,1996,112(2):213–219.

[17] COENEN M.German feeding standards[C]//Proceedings of 2000 Equine Nutrition Conference for Feed Manufacturers.Versailles:Kentucky Equine Research,2000,12:159–173.

[18] SCHRYVER H F,HINTZ H F,LOWE J E,et al.Mineral composition of the whole body,liver and bone of young horses[J].The Journal of Nutrition,1974,104(1):126–132.

[19] REINEMEYER C R,SMITH S A,GABEL A A,et al.The prevalence and intensity of internal parasites of horses in the U.S.A.[J].Veterinary Parasitology,1984,15(1):75–83.

[20] GAWOR J J.The prevalence and abundance of internal parasites in working horses autopsied in Poland[J].Veterinary Parasitology,1995,58(1/2):99–108.

[21] CUNNINGHAM K,FOWLER S H.A study of growth and development in the Quarter horse[M].Baton Rouge:Louisiana State University,1961:546.

[22] VELOSO C F M,LOUVANDINI H,KIMURA E A,et al.Efeitos da suplementação protéica no controle da verminose e nas características de carcaça de ovinos Santa inês[J].Ciência Animal Brasileira,2004,5(3):131–139.

[23] 江苏农学院,福建农学院.家畜寄生虫病学[M].2 版.上海:上海科学技术出版社,1979:15.

[24] 杨景焘,赵芳,邓海峰,等.不同加工方式玉米粉对 6 月龄伊犁马消化代谢、血浆生化指标及生长发育的影响[J].动物营养学报,2016,28(8):2414–2422.

Effects of Rafoxanide Deworming on Digestion and Metabolism of Nutrients, Growth and Development of 6-Month-Old *Yili* Horses

LI Jiang LI Xiaobin MA Jun LIU Zhen ZHAO Guodong HE Zhourui DENG Haifeng YANG Kailun*

(*Xinjiang Key Laboratory of Herbivore Nutrition for Meat & Milk Production, Xingjiang Agricultural University, Urumqi* 830052, *China)*

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of rafoxanide deworming on digestion and metabolism of nutrients, growth and development of 6-month-old *Yili* horses. Ten 6-month-old (date of birth ±5 d) *Yili* horses from the same pasture with the average body weight of (117.60±15.84) kg under the same feeding condition were divided into 2 groups, and each group had 5 horses. One group was control group, and the other was trial group. Horses of trial group were dewormed by a anthelmintic—rafoxanide suspension (14 mL/horse), while horses of control group were not treated. After deworming, the digestion and metabolism experiment was arranged, and the experiment lasted for 20 days with 15 days for adaptation and for 5 days for sampling. The results showed that rafoxanide deworming did not significantly affect the intake, digestion, extraction and digestibility of nutrients （$P>0.05$）, but the digestibility of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and calcium of the trial group were increased by 18.17%, 16.37% and 17.36% than those of the control group, respectively. Nitrogen retention and nitrogen retention rate of the trial group were increased by 65.90% （$P<0.05$） and 73.20% （$P<0.05$） than those of the control group, respectively. The total increases of body height and chest measurement of the trial

*Corresponding author, professor, E-mail： yangkailun2002@aliyun.com (责任编辑 菅景颖)

group were increased by 123.58% ($P<0.05$) and 48.31%% ($P<0.05$) than those of the control group. In conclusion, rafoxanide deworming plays a positive role in the nutrient digestion and metabolism of 6-month-old *Yili* horses, which is reflected in the improvement of digestibility and retention of nitrogen and the increase of body height and chest measurement.

Key words: rafoxanide; *Yili* horse; deworming; digestibility and metabolism; growth and development